

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-267472

(43)Date of publication of application : 22.09.1994

(51)Int.Cl.

H01J 37/08

H01J 27/16

H05H 1/22

(21)Application number : 05-051161

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 12.03.1993

(72)Inventor : HASHIMOTO KIYOSHI  
ASANO SHIRO

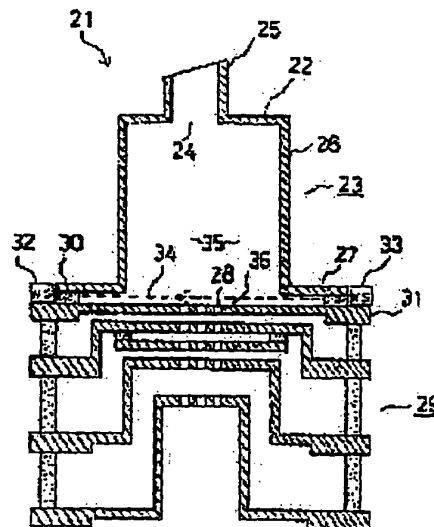
## (54) MICROWAVE ION SOURCE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a microwave ion source which can surely derive a high current density ion beam.

CONSTITUTION: Permanent magnets 32, 33, which generate a magnetic field crossing at approximately right angles with the ion deriving direction of an inner deriving electrode 31, are arranged close to the inner deriving electrode 31 inside a discharge container 23, which generates a discharge plasma by a microwave.

Therefore, a high density plasma area is formed around the area along the face of the inner deriving electrode 31 by the magnetic field crossing at approximately right angles with the ion deriving direction. A high speed electron generated by interference between the magnetic field and the microwave is trapped in the magnetic field, while ionic components and molecular components cross the magnetic field and are diffused around the inner deriving electrode 31. A low speed electron is generated by collision of the high speed electron with hydrogen gas and the like, the low speed electron crosses the magnetic field and moves to the neighborhood of the inner deriving electrode 31 according to the removal of the ionic component, a negative hydrogen ion is generated, and the negative hydrogen ion is derived as a beam from an electrode part 29, although the electron is deflected by the magnetic field and its derivation is suppressed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-267472

(43)公開日 平成 6年(1994) 9月22日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 J 37/08

27/16

H 0 5 H 1/22

9014-2G

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平5-51161

(22)出願日 平成 5年(1993) 3月12日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 橋本 清

神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 浅野 史朗

神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝研究開発センター内

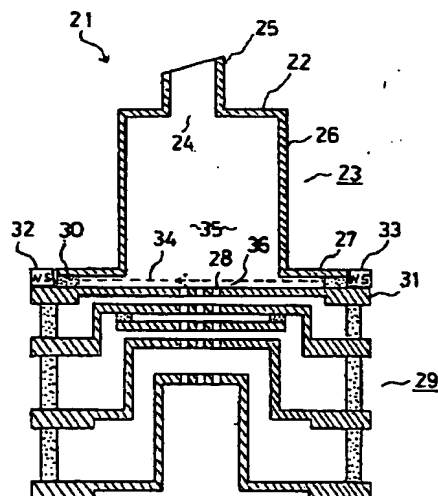
(74)代理人 弁理士 大胡 典夫

(54)【発明の名称】 マイクロ波イオン源

(57)【要約】

【目的】 確実に高電流密度イオンビームを引き出すことができるマイクロ波イオン源を提供する。

【構成】 マイクロ波による放電プラズマを生成する放電容器 2 3 の内部の内側引出電極 3 1 近傍に、この内側引出電極 3 1 のイオン引出方向にほぼ直行する磁場を発生させる永久磁石 3 2、3 3 が設けられている。このためイオン引出方向にほぼ直行する磁場によって内側引出電極 3 1 の面に沿った領域近傍に高密度プラズマ領域が形成される。そして磁場とマイクロ波の干渉で生まれた高速電子は磁場に捕捉されるが、イオン成分や分子成分は磁場を横切って内側引出電極 3 1 近傍に拡散する。また高速電子が水素ガス等と衝突することで低速電子が生じ、これがイオン成分の移動と共に磁場を横切り内側引出電極 3 1 近傍に移動し、負水素イオンが生成され、電子は磁場により偏向され引出しが抑制されるが負水素イオンは電極部 2 9 からビームとして引き出される。



2 3 -- 放電容

2 4 -- 導入口

2 5 -- 導放管

2 9 -- 電極部

3 1 -- 内側引出電極

3 2、3 3 -- 永久磁石

3 4 -- 磁力線

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 減圧された放電容器の内部にマイクロ波を導入して生成した放電プラズマから、前記放電容器内に面するように設けられた引出電極を介してイオンを前記放電容器の外に引き出すようにしたマイクロ波イオン源において、前記放電容器には、該放電容器の内部の前記引出電極近傍に、該引出電極のイオン引出方向と交差する方向の磁場を発生させる磁場発生手段が設けられていることを特徴とするマイクロ波イオン源。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えば核融合等のために用いられるイオンを発生するマイクロ波イオン源に関する。

## 【0002】

【従来の技術】周知の通り、マイクロ波放電は磁場があることによって、より効率よく放電する。このため従来よりマイクロ波イオン源は、放電容器内に磁場を形成するように磁石を配置して構成される。

【0003】以下、従来技術について図面を参照して説明する。図6は従来のマイクロ波イオン源の概略構成を示す縦断面図であり、図7は従来技術を説明するために示す先に出願したマイクロ波イオン源の概略構成を示す縦断面図である。

【0004】先ず、図6により説明する。1はマイクロ波イオン源で、これは円筒状の放電容器2の外壁面に、円環状の4個の永久磁石3、4、5、6が略等間隔となるように配設して構成されている。永久磁石3、4、5、6は隣接するものが半径方向相反する向きに着磁されたもので、放電容器2内の磁力線7は図に示すように隣接するもの間に渡るように形成される。

【0005】また、放電容器2の閉塞された上端面には内部にマイクロ波を導入する導波管8が開口するように設けてあり、開口した下端面には複数の引出電極を有する電極部9が間に絶縁材10を介在させて取着されており、各引出電極に所定の電圧を印加することによって内部に生成されたプラズマからイオンが引き出される。なお放電容器2には、図示しないが内部にプラズマを生成するためのガスを導入するガス導入口が設けられている。

【0006】上記のような磁石配置では放電容器2の内壁付近の磁場が強く、中心部付近での磁場は弱いものとなっている。また共鳴磁場領域は磁場が強い放電容器2の内壁面近傍に存在し、プラズマの生成も内壁面近傍に局在することになり、中心部付近でのプラズマは稀薄なものとなる。

【0007】そして、プラズマは放電容器2の内壁面近傍に閉じ込められた格好になり、放電容器2の中心部付近のプラズマ密度を高くすることが困難な状況にあった。このため放電容器2内から電極部9を介しマイクロ

波イオン源1から外部に引き出せるイオンの密度は低いものであった。

【0008】これに対し本発明者は、特願平4-287990号の明細書及び図面に記載したものを提案している。すなわち、図7に示すようにマイクロ波イオン源11は、円筒状の放電容器12の外壁面にSmCoでなる円環状の2個の永久磁石13、14が、所定の間隔を設け放電容器の上部及び下部に夫々配設されるようにして構成されている。そして永久磁石13、14は半径方向相反する向きに着磁されたものである。

【0009】このような磁石配置では放電容器12の内壁付近の磁場が弱くなっているが、放電容器12内の中心部での磁束密度は大きなものとなり、両永久磁石13、14による放電容器12内の磁力線15は大きく中心軸方向に張り出すようなものとなる。

【0010】このように構成されたものでは、プラズマが磁力線15に沿って生成されるので、磁力線15が大きく張り出している中心部でも起こり、拡散によって放電容器12内に広がる。そして放電容器12の中心部付近でのプラズマ密度も高くなり、電極部9を介しマイクロ波イオン源11から外部に引き出せるイオンの密度を比較的高いものとすることができる。

【0011】しかしながら、イオン源からより高電流密度のイオンビームを引き出そうとする場合には、電極部9の放電容器12内に面した引出電極近傍でのプラズマの密度がより高いものであることが必要であり、上記のものでは必ずしも引出電極近傍でのプラズマ密度がより高いものとなるとは限らないものであった。そのためマイクロ波イオン源11から外部に、より高電流密度のイオンビームを確実に引き出すことは容易ではなかった。

## 【0012】

【発明が解決しようとする課題】上記のように従来の技術等では、常に引出電極近傍でのプラズマの密度をより高いものとするのが、できるものとは必ずしも限らなかった。このような状況に鑑みて本発明はなされたもので、その目的とするところは確実に引出電極近傍でのプラズマ密度をより高いものとし、高電流密度イオンビームを引き出すことができるマイクロ波イオン源を提供することにある。

## 【0013】

【課題を解決するための手段】本発明のマイクロ波イオン源は、減圧された放電容器の内部にマイクロ波を導入して生成した放電プラズマから、放電容器内に面するように設けられた引出電極を介してイオンを放電容器の外に引き出すようにしたマイクロ波イオン源において、放電容器には、該放電容器の内部の前記引出電極近傍に、該引出電極のイオン引出方向と交差する方向の磁場を発生させる磁場発生手段が設けられていることを特徴とするものであり、また、磁場発生手段が、放電容器の外に設けられた永久磁石によってなるものであることを特徴

とし、また、磁場発生手段が、放電容器の内部に設けられた永久磁石によってなるものであることを特徴とし、また、磁場発生手段が、放電容器内に臨むように設けられた引出電極の電極面上に配設された永久磁石によってなるものであることを特徴とし、また、永久磁石が冷却手段を有する磁石カバーに収納されてなるものであることを特徴とし、さらに、引き出されるイオンが、水素負イオンもしくは重水素負イオンであることを特徴とするものである。

【0014】

【作用】上記のように構成されたマイクロ波イオン源は、マイクロ波による放電プラズマを生成する放電容器の内部の引出電極近傍に、該引出電極のイオン引出方向と交差する方向の磁場を発生させる磁場発生手段が設けられている。このためイオン引出方向と交差する方向の磁場によって引出電極の面に沿った領域近傍に高密度プラズマ領域が形成され、イオン成分や分子成分は磁場を横切って引出電極近傍に拡散する。そして引出電極によって所定のエネルギーとなるように加速されて高電流密度のイオンビームが引き出される。

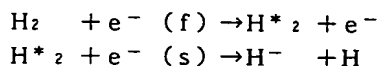
【0015】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。

【0016】先ず第1の実施例を図1により説明する。図1は概略構成を示す縦断面図である。

【0017】図1において、21はマイクロ波イオン源で、これは上端部が上板22によって閉塞された円筒状の放電容器23で構成されている。そして上板22には放電容器23の内部に所定の周波数、例えば2.45GHzのマイクロ波を導入する導入口24が開口しており、この導入口24には図示しないマイクロ波発振源に片端部が接続された導波管25の他端部が接続されている。

【0018】また、放電容器23の筒部26の下端開口外縁にフランジ27が形成されている。そしてこのフランジ27には、放電容器23の軸方向をイオン引出方向としてイオン引出しを行なう貫通孔28が多数対応して形成された複数の引出電極を有する電極部29が、間に絶縁材30を介在させて取着され、放電容器23の下端開口が閉塞される。また電極部29の引出電極にはそれ



の(1)式で示されるような水素分子の高速電子による励起過程と、さらに(2)式で示されるような低速電子の解離性付着過程とでなり、これによって $\text{H}^-$ は生成される。

【0023】すなわち、第一室35に生成された放電プラズマは、内側引出電極31に向かって拡散するが、第一室35から第二室36に拡散するには永久磁石32、33の内側引出電極31面に沿った磁場を横切ること

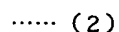
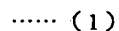
ぞれ図示しない電源によって所定の電圧が印加されるようになっている。なお放電容器23には、その減圧された内部にプラズマを生成するためのガス、例えば水素あるいは重水素ガスをガス源から導入する図示しないガス導入口が設けられている。

【0019】一方、電極部29の引出電極の内、放電容器23内に面している内側引出電極31の放電容器23内に面している上面には、その放電容器23のフランジ27の外側の位置に、角棒状の永久磁石32、33が放電容器23を挟むようにして平行に対向配置されている。永久磁石32、33は互いの対向面が異なる極性を有するよう同方向に着磁されており、これにより放電容器23内の内側引出電極31の上面近傍に、その電極面に沿って図中に破線で示すような磁力線34を生じるような磁場が形成される。すなわち、永久磁石32は放電容器23側がS極に、外側がN極に着磁され、永久磁石33は放電容器23側がN極に、外側がS極に着磁されている。

【0020】そして、永久磁石32、33の内側引出電極31の上面の上方側近傍で放電容器23内を横断する磁場によって、放電容器23内が上方側に第一室35が区画され、下方側に内側引出電極31の上面近傍に第二室36が区画されることになる。

【0021】このように構成したものでは、減圧した放電容器23の内部を図示しないガス導入口を通じて供給された水素または重水素によって所定のガス雰囲気にした後、導波管25を伝搬してきたマイクロ波を放電容器23内に導入口24を通じて導入する。これにより内側引出電極31近傍に形成されたイオン引出方向にほぼ直交する磁場によって、第一室35の内側引出電極31面に沿う領域に高密度プラズマ領域が形成される。同時に磁場のある領域では磁場とマイクロ波の干渉で電子が加速され、高速の電子成分が生まれ、水素分子の励起も促進される。

【0022】そして負水素イオン(以下、 $\text{H}^-$ と記す)の生成は、内側引出電極31の上面に沿った磁場により、いわゆる体積生成法と呼ばれる方法によって行なわれるとされ、その $\text{H}^-$ の生成過程は2段階の原子反応で、



要するため、プラズマのイオン成分や分子成分はこの磁場を横切って第二室36に移動し、内側引出電極31近傍に拡散するものの、電子の高速成分は磁場に捕捉されて第一室35から第二室36に移動することができない。

【0024】一方、高速電子が水素ガス等と衝突して生じた低速電子は、水素または重水素の正イオンの移動と共に、その電場に引かれて磁場を横切って第一室35か

ら第二室36の内側引出電極31近傍に移動する。

【0025】こうして第一室35と第二室36との間に電子温度の分布の違いができ、この分布の差によって上記の $H^-$ の生成の2段階の原子反応のうち、第一室35では(1)式で示されるような水素分子の高温電子による励起反応が非常に促進され、第二室36では(2)式で示されるような低速電子の解離性付着反応が促進される。そして、第二室36で生成された $H^-$ は所定電圧が印加されている電極部29の各引出電極によって所定のエネルギーとなるように貫通孔28を通過しながら加速され、マイクロ波イオン源21からビームとして引き出される。

【0026】なお、この時 $H^-$ と共に内側引出電極31付近に存在する電子が引き出されようとするが、内側引出電極31付近での磁場がイオンビーム引出方向とほぼ直交しているので電子成分は偏向され、その引出しが抑制される。このため、不要成分である電子成分の引出しが減少し、また引き出される電子成分が減少するのでこれによる空間電荷の効果が作用せず、 $H^-$ の引出しが阻害されない。

【0027】上記のように本実施例によれば、電極部29の放電容器23内に面する内側引出電極31の上面近傍に高密度のプラズマ領域が形成され、同時に $H^-$ の生成が促進され、さらに電極部29からの電子の引出しが抑制され、電極部29の各引出電極を介してより高密度の $H^-$ ビームを確実に引き出すことができる。

【0028】次に第2の実施例を図2及び図3により説明する。図2は概略構成を示す縦断面図であり、図3は要部断面図である。

【0029】図2において、41はマイクロ波イオン源で、その電極部29の内側引出電極31の放電容器23内に面する上面には、放電容器23の底部開口内縁に沿うように磁石カバー42に収納された角棒状の永久磁石32、33が、所定間隔を設けて平行に対向載置されている。そして磁石カバー42には、冷媒を通流させることによって永久磁石32、33を冷却する冷却用配管43が設けられている。これにより放電容器23内の内側引出電極31の上面近傍に、その電極面に沿って図中に破線で示す磁力線34を生じるような磁場が形成される。

【0030】そして、内側引出電極31の上面の上方側近傍で放電容器23内を横断する永久磁石32、33の磁場によって、放電容器23内が上方側に第一室35が区画され、下方側に内側電極31の上面近傍に第二室36が区画される。

【0031】このように構成されたものでは、第1の実施例と同様にしてイオンビームの引出しが行なわれる。すなわち、減圧した放電容器23の内部を所定のガス雰囲気にし、マイクロ波を導入して第一室35に放電プラズマを生成する。さらに第二室36で生成された $H^-$ は

所定電圧が印加されている電極部29によって所定のエネルギーとなるように貫通孔28を通過しながら加速され、マイクロ波イオン源41からビームとして引き出される。この時、放電プラズマの熱によって永久磁石32、33は加熱されるが、冷却用配管43に冷媒を流すことによって冷却される。

【0032】以上のように本実施例においても、第1の実施例と同様の作用・効果が得られる。

【0033】次に第3の実施例を図4及び図5により説明する。図4は概略構成を示す縦断面図であり、図5は投入電力に対する $H^-$ ビームの電流密度の特性図である。

【0034】図4において、51はマイクロ波イオン源で、これは上端部が上板22によって閉塞された直径15cm、軸方向長さ15cmの円筒状の放電容器52で構成されている。そして上板22には放電容器52の内部に所定の周波数、例えば2.45GHzのマイクロ波を導入する導入口24が開口しており、この導入口24には図示しないマイクロ波発振源に片端部が接続された導波管25の他端部が接続されている。

【0035】また、放電容器52の筒部26の下端開口外縁にフランジ27が形成されている。そしてこのフランジ27には、放電容器52の軸方向をイオン引出方向としてイオン引出しを行なう貫通孔28が多数対応して形成された複数の引出電極を有する電極部29が、間に絶縁材30を介在させて取着され、放電容器52の下端開口が閉塞される。また電極部29にはそれぞれ図示しない電源によって所定の電圧が印加されるようになっていいる。なお放電容器52には、その減圧された内部にプラズマを生成するためのガス、例えば水素あるいは重水素ガスをガス源から導入する図示しないガス導入口が設けられている。

【0036】一方、放電容器52の筒部26の外壁面には、SmCoでなる円環状の2個の永久磁石53、54が、一つは上板22で閉塞された上端部近傍に、他はフランジ27が形成された底部開口近傍に、夫々環状面を水平にするようにして軸方向上下に9.2cmの間隔をおいて配設されている。これら一対の永久磁石53、54は半径方向の相反する向きに着磁されており、上方側の永久磁石53は内径側がN極で外径側がS極に、下方側の永久磁石54は内径側がS極で外径側がN極になっている。このため、永久磁石53、54により放電容器52内に形成される図中に破線で示した磁力線55は、大きく筒部26の中心軸方向に張り出すようなものとなっている。

【0037】また、内側引出電極31の放電容器52内に面する上面には、放電容器52の底部開口内縁に沿うように磁石カバー42に収納された角棒状の永久磁石32、33が、所定間隔を設けて平行に対向載置されている。そして磁石カバー42には、冷媒を通流させること

によって永久磁石32、33を冷却する冷却用配管43が設けられている。これにより放電容器52内の内側引出電極31の上面近傍に、その電極面に沿って図中に破線で示す磁力線34を生じるような磁場が形成される。

【0038】そして、磁力線55の放電容器52内を半径方向に横切るように形成された部分及び磁力線34によって、放電容器52内が上方側に第一室56が区画され、下方側に内側引出電極31の上面近傍に第二室57が区画される。

【0039】このように構成したものでは、減圧した放電容器52の内部を図示しないガス導入管を通じて供給された水素または重水素によって所定のガス雰囲気にした後、導波管25を伝搬してきたマイクロ波を放電容器52内に導入口24を通じて導入する。これによりマイクロ波は、磁界の比較的強い放電容器52の中心部付近で周波数に応じた共鳴磁界でプラズマ電子と共鳴し、マイクロ波電界により電子を高エネルギーに加速しガス分子の電離が起こり第一室56に放電プラズマが生成され、内側引出電極31近傍に形成されているイオン引出方向にほぼ直交する磁場によって、第一室56の内側引出電極31面に沿う領域に高密度プラズマ領域が形成される。同時に磁場のある領域では磁場とマイクロ波の干渉で電子が加速され、高速の電子成分が生まれ、水素分子の励起も促進される。

【0040】そして、プラズマのイオン成分や分子成分はイオン引出方向にほぼ直交する磁場を横切って第二室57に移動し、内側引出電極31近傍に拡散するが、高速の電子成分は磁場に捕捉されて第一室56から第二室57には移動しない。また高速電子が水素ガス等と衝突することで生じた低速電子は、水素または重水素の正イオンの移動と共にその電場に引かれて磁場を横切り、第一室56から第二室57の内側引出電極31近傍に移動する。

【0041】第二室57では励起した水素分子と低速電子の解離性付着反応が促進され、 $H^-$ が生成される。そして生成された $H^-$ は、所定電圧が印加されている電極部29の各引出電極によって所定のエネルギーとなるように貫通孔28を通過しながら加速され、マイクロ波イオン源51から $H^-$ ビームとして引き出される。

【0042】なお、この時 $H^-$ と共に内側引出電極31付近に存在する電子が引き出されようとするが、上記の各実施例と同様に内側引出電極31付近での磁場がイオンビーム引出方向とほぼ直交しているため電子成分は偏向され、その引出しが抑制される。このため、不要成分である電子成分の引出しが減少し、また引き出される電子成分が減少するのでこれによる空間電荷の効果が作用せず、 $H^-$ の引出しが阻害されない。

【0043】そして、このとき引き出される $H^-$ ビームの電流密度は、放電容器52内の放電圧力を変化させ、横軸に放電容器52内に投入した電力をとり縦軸に電流

密度をとって実線で示す図5の特性図ようになる。また図5には、破線によって従来の内側引出電極31の上面に永久磁石32、33が対向配置されていない状態での $H^-$ ビームの電流密度を示してあり、実線で示す本実施例ものは破線で示す従来のものに比較して高い電流密度の $H^-$ ビームを引き出すことができる。

【0044】以上のように本実施例によっても、電極部29の放電容器52内に面する内側引出電極31の上面近傍により高密度のプラズマ領域が形成され、同時に $H^-$ の生成がより促進されたものとなり、また電極部29からの電子の引出しが抑制されたものとなって、電極部29の各引出電極を介してより高密度の $H^-$ ビームを確実に引き出すことができる。

【0045】尚、本発明は上記の各実施例のみに限定されるものではなく、導入するマイクロ波は2.45GHz以外の周波数であってもよく、また内側引出電極31に載置する永久磁石の形状は角棒状に限るものではなく弧状であってもよく、また極性も上記に限定されるものではない等、要旨を逸脱しない範囲内で適宜変更して実施し得るものである。

【0046】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように本発明は、マイクロ波による放電プラズマを生成する放電容器の内部の引出電極近傍に、該引出電極のイオン引出方向と交差する方向の磁場を発生させる磁場発生手段が設けられる構成としたことにより、確実に引出電極近傍でのプラズマ密度をより高いものとし、高電流密度イオンビームを引き出すことができるマイクロ波イオン源を提供することができる効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の概略構成を示す縦断面図である。

【図2】本発明の第2の実施例の概略構成を示す縦断面図である。

【図3】本発明の第2の実施例における要部拡大断面図である。

【図4】本発明の第3の実施例の概略構成を示す縦断面図である。

【図5】本発明の第3の実施例における引出し電流密度を示す特性図である。

【図6】従来例の概略構成を示す縦断面図である。

【図7】従来の技術を説明するために示す縦断面図である。

【符号の説明】

23…放電容器

24…導入口

25…導波管

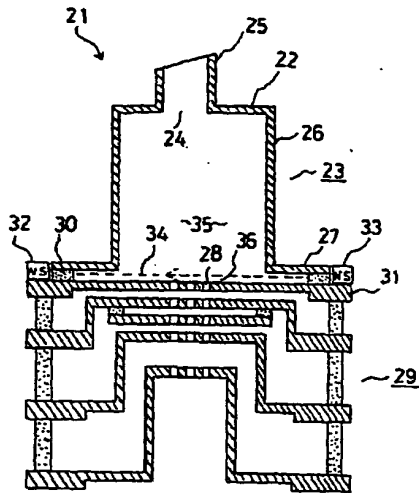
29…電極部

31…内側引出電極

32、33…永久磁石

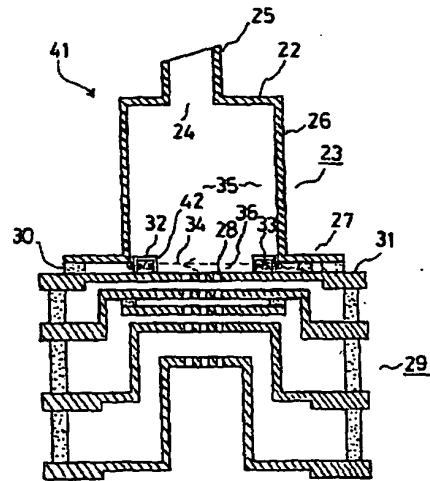
34...磁力線

【図1】

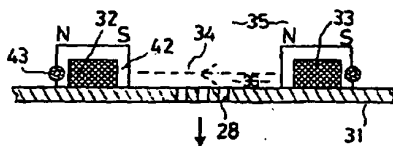


- |           |             |
|-----------|-------------|
| 28—放電客器   | 24—導入口      |
| 25—導波管    | 29—電極部      |
| 31—内側引出電極 | 32, 33—永久磁石 |
| 34—磁力線    |             |

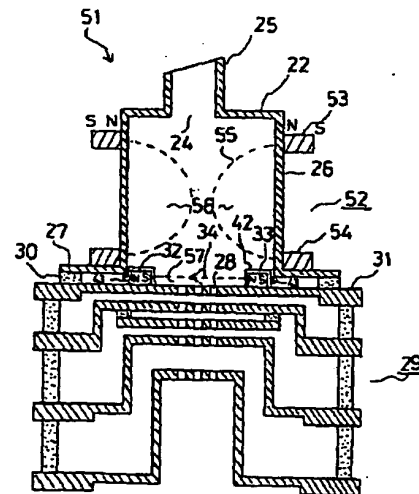
【図2】



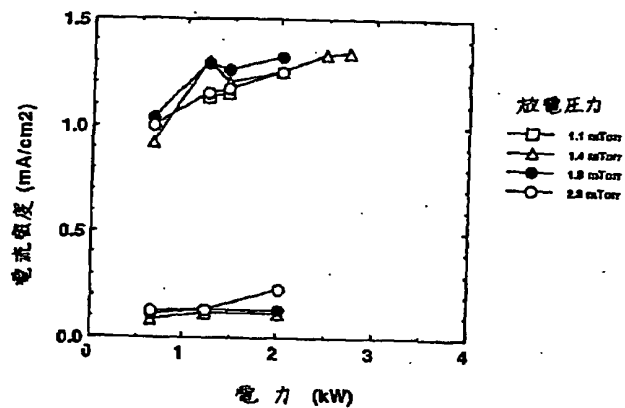
【図3】



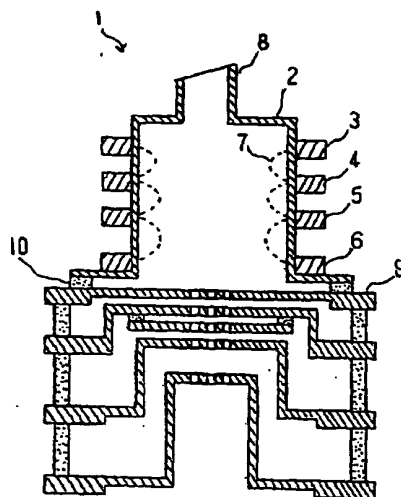
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

